



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 56 503 A1** 2004.07.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 56 503.1**
(22) Anmeldetag: **04.12.2002**
(43) Offenlegungstag: **08.07.2004**

(51) Int Cl.7: **G03B 21/00**
G03B 21/28, H04N 5/238, H04N 5/74

(71) Anmelder:
Barco Control Rooms GmbH, 76229 Karlsruhe, DE

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Dr. H.-P. Pfeifer & Dr. P. Jany, 76137
Karlsruhe**

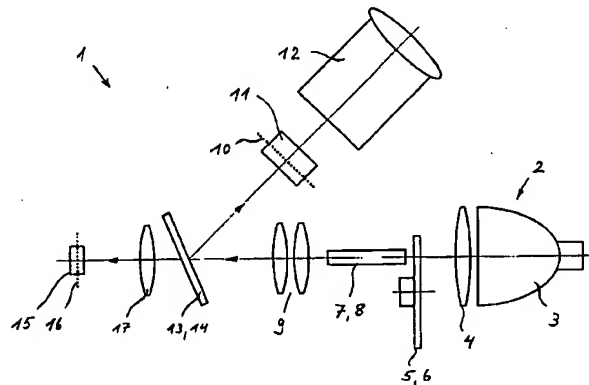
(72) Erfinder:
**Lang, Harald, 76229 Karlsruhe, DE; Dambach,
Sören, Dr., 76229 Karlsruhe, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Helligkeits- und Farbgelung eines Projektionsapparates**

(57) Zusammenfassung: Zum Regeln der Helligkeit und/oder der Farbe eines Projektionsapparates (1), insbesondere eines Rückprojektionsapparates einer Bildwand, wobei die Bilderzeugung auf der zeitsequentiellen Mischung primärer Farben beruht, wird vorgeschlagen, mittels eines halbdurchlässigen Spiegels (14) einen Teil des dem Bildgeber (11) zugeführten Lichtes auszukoppeln, mit einem Sensor (15) zu messen und mit dem so gewonnenen Signal die Bilderzeugung zu regeln.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft die Helligkeits- und Farbbregelung bei Projektionsapparaten. Projektionsapparate dienen zum Projizieren eines Bildes auf einen Projektionsschirm. Die Erfindung richtet sich auf Projektionsapparate, die einen pixelweise steuerbaren Bildgeber zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab, eine Beleuchtungseinheit zum Beleuchten des Bildgebers und eine Projektionsobjektiv umfassende Projektionseinrichtung zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm umfassen, wobei die Beleuchtungseinheit zur Realisierung der zeitsequentiellen additiven Farbmischung ein zeitlich variables Farbfilter – im folgenden dynamisches Farbfilter genannt – zur Erzeugung primärer Farben enthält. In der Regel ist der Bildgeber und/oder die Projektionseinrichtung zum Einstellen der Lage des projizierten Bildes auf dem Projektionsschirm in einer mit Justageelementen einstellbaren Position in oder an dem Projektionsapparat befestigt.

Stand der Technik

[0002] Man unterscheidet zwischen Auflicht- und Rückprojektionsapparaten. Ein Unterschied zwischen Auflichtprojektoren und Rückprojektionssystemen besteht darin, daß in Rückprojektionsapparaten zumeist weitere optische Elemente wie Umlenkspiegel und Projektionsschirme enthalten sind, die in Auflichtprojektoren nicht verwendet werden.

[0003] Sowohl Auflicht- als auch Rückprojektionsapparate dienen zum Anzeigen eines Bildes auf einem großflächigen Projektionsschirm. Der Bildgeber kann dabei ein Durchlicht-Bildgeber sein, also ein Bildgeber, der transmissiv von einer Beleuchtungseinrichtung zum Beleuchten des Bildgebers durchleuchtet wird, oder ein reflektierender Bildgeber, der von der Beleuchtungseinrichtung beleuchtet wird. Nach dem Stand der Technik werden beispielsweise Durchlicht-Flüssigkristall-Bildgeber oder auch reflektive Polysilicium- oder Flüssigkristall-Bildgeber oder DMDs (Trademark of Texas Instruments Inc., Digital-Micromirror-Device) verwendet.

[0004] Eine Beleuchtungseinheit zum Beleuchten des Bildgebers bzw. Durchleuchten des Durchlicht-Bildgebers umfaßt in der Regel eine Lichtquelle, einen Reflektor und eine Kondensoroptik mit einer oder mehreren Kondensorlinsen zum Ausleuchten des Bildgebers. Auf die Kondensoroptik kann bei Verwendung eines fokussierenden, z.B. elliptischen oder komplexeren Lampenreflektors verzichtet werden. Ferner können zusätzliche Kondensoren oder Lichtdurchmischungseinrichtungen, beispielsweise zum optimalen Ausleuchten eines rechteckigen Bildformates, vorgesehen sein. Die Projektionseinrichtung bzw. die Beleuchtungseinheit ist entweder in den Projektionsapparat integriert oder an diesem angesetzt. Ein Projektionsapparat ist somit eine abgeschlosse-

ne, vollständige Einheit zum Darstellen eines Bildes, wobei in einem Rückprojektionsapparat ein Bildschirm zum Betrachten des Bildes integriert ist.

[0005] Insbesondere Rückprojektionsmodule finden eine breite Anwendung in Fällen, in denen ein komplexes Bild, beispielsweise bestehend aus verschiedenen Video- oder Computerbildern, großflächig angezeigt werden soll. Verbreitete Einsatzbereiche für solche Rückprojektionsapparate sind Bildwände, die von mehreren Personen gleichzeitig betrachtet werden. Insbesondere in der modernen Leitwartentechnik ist die Großbildrückprojektion verbreitet.

[0006] Wenn das angezeigte Bild bei gegebenen Qualitätsanforderungen eine bestimmte Größe und Komplexität überschreiten soll, ist dies nicht mehr mit einem einzigen Rückprojektionsmodul möglich. In solchen Fällen wird das Bild aus Teilbildern, die jeweils von einem Rückprojektionsmodul angezeigt werden, zusammengesetzt. Das jeweils von einem Rückprojektionsmodul angezeigte Bild ist in diesem Fall ein Teilbild des von allen Rückprojektionsmodulen zusammen angezeigten Gesamtbildes der Bildwand.

[0007] Nach dem Stand der Technik ist es möglich, eine große Anzahl von Rückprojektionsmodulen in einem modularen Aufbau einer Projektionsbildwand aneinanderzureihen und/oder übereinander zu stapeln, um ein aus vielen einzelnen Teilbildern zusammengesetztes Großbild darzustellen. Die Anzahl der Rückprojektionsmodule, die zu einer Projektionsbildwand zusammengesetzt werden, beträgt bis zu 150 oder mehr.

[0008] Weitere Einzelheiten zu Rückprojektionsmodulen sind dem Dokument EP 0 756 720 B1 zu entnehmen, auf das hiermit Bezug genommen wird.

[0009] Viele kommerziell erhältliche Projektionsapparate, beispielsweise Video-Projektionseinrichtungen, benutzen separate Kanäle für jede der drei Primärfarben. Ein solches System erfordert für jede Primärfarbe einen Bildgeber und optische Strecken, die pixelgenau auf den Schirm konvergieren müssen. Neuartige Projektionsapparate verwenden nur einen Bildgeber auf Basis der zeitsequentiellen additiven Farbmischung, wobei das gesamte Bild in drei einfarbige Teilbilder bezüglich der Grundfarben rot, grün und blau zerlegt wird. Der Bildgeber wird sequentiell mit den Primärfarben beleuchtet. Dabei werden die darzustellenden Bilddaten entsprechend der gerade den Bildgeber erreichenden Farbe an den Bildgeber geleitet. Das Auge fügt die farbigen Teilbilder zu einem einzigen Vollfarbgebild zusammen. Das Auge fügt ebenfalls aufeinanderfolgende Videobilder und Videoteilbilder zu einem Vollbewegungsbild zusammen.

[0010] Ein solches System erfordert eine Einrichtung zum sequentiellen Beleuchten des Bildgebers mit primären Farben. Die einfachste Einrichtung eines hierzu geeigneten dynamischen Farbfilters ist ein sich drehendes Farbrad, das dazu dient, die gerade gewünschte Farbe aus dem weißen Spektrum einer

Beleuchtungseinheit auszufiltern.

[0011] Derartige Farbräder zum Ändern der Farbe des von der Projektionslampe ausgekoppelten Lichtes werden im allgemeinen aus dichroitischen Filtern hergestellt. Die Filter weisen aber herstellungsbedingt Abweichungen in ihrer spektralen Filtercharakteristik auf, die sich darin äußern, daß sich die Kantenlagen der Filter unterscheiden. Infolge dessen gibt es Unterschiede in der Wahrnehmung der Grundfarben sowie der Mischfarben.

[0012] Die derzeit im Zusammenhang mit der zeitsequentiellen Bilderzeugung verwendeten Bildgeber sind sogenannte Digital-Micromirror-Devices, die beispielsweise in dem Patent US 5,079,544 beschrieben sind. Sie umfassen eine Anordnung kleiner bewegbarer Spiegel zum Ablenken eines Lichtstrahls entweder zu der Projektionslinse (ein) oder weg von der Projektionslinse (aus). Durch schnelles Ein- und Ausschalten der von den Spiegeln dargestellten Pixel kann eine Grauskala erzielt werden. Die Verwendung von DMDs zum Digitalisieren von Licht ist auch unter der Bezeichnung DLP (Digital Light Processing) bekannt. Ein DLP-Projektionssystem umfaßt eine Lichtquelle, optische Elemente, Farbfilter, eine digitale Steuerung und Formatierung, ein DMD und eine Projektionslinse.

[0013] An Projektionsgeräte, insbesondere an modular aus mehreren Projektionsgeräten aufgebaute Bildwände, werden in vielen Fällen hohe Anforderungen gestellt, die aufgrund folgender technischer Ursachen nach dem Stand der Technik nur unzureichend erfüllt werden können:

- Die in den unterschiedlichen Projektionsapparaten verwendeten Lampen, bei denen es sich in vielen Anwendungen um Hochleistungslampen handelt, haben eine unterschiedliche Grundhelligkeit. Dies erfordert einen aufwendigen Abgleich der einzelnen Projektionsgeräte, um eine einheitliche Darstellung auf einer Bildwand zu erzielen.
- Über die Lebensdauer der Lampen ändert sich der für den Projektionsapparat ausnutzbare Lichtstrom der Lampen. Dieser Alterungsprozeß ist zudem lampenabhängig. Dies erfordert einen wiederholten Helligkeitsabgleich der Projektionsapparate.
- Die Toleranzen der Lampen können zu unterschiedlichen Ausleuchtungsverteilungen auf dem Bildgeber führen, die sich auch während des Alterungsprozesses der Lampen verändern können.
- Die spektrale Zusammensetzung des von den Lampen emittierten Lichtes zeigt Toleranzen, die einen Farbabweich der Projektionsgeräte erfordern.
- Die spektrale Zusammensetzung des von den Lampen emittierten Lichtes ändert sich über die Lebenszeit der Lampe. Dies erfordert einen wiederholten Farbabweich der Projektionsapparate.
- Je nach Typ der verwendeten Entladungslampe wird der Lichtstrom zur Stabilisierung der Lage des Entladungsbogens zeitlich moduliert. Dies führt im Zusammenhang mit der zeitsequentiellen Farbmischung und auch der digitalisierten Erzeugung von

Helligkeitsstufen (Pulse Code Modulation eines DMD) zu Interferenzen. Um dadurch entstehende Bildartefakte zu unterdrücken, muß die Zeitabhängigkeit des Lichtstroms überwacht werden.

– Auch Herstellungstoleranzen der sonstigen optischen Komponenten führen zu Schwankungen des Lichtflusses auf der Projektionsfläche, was einen Helligkeitsabgleich der Projektionsapparate erforderlich macht.

[0014] Zur Lösung dieser hohen technischen Anforderungen werden nach dem Stand der Technik verschiedene, aufwendige Methoden eingesetzt, die jedoch die genannten Probleme nicht vollständig lösen:

- Die Lampen werden in hohem Maße selektiert, um minimale, nicht weiter unterschreitbare Fertigungstoleranzen zu überwinden. Dies ist aufwendig und mit hohen Kosten verbunden.
- Während der Installation eines Projektionsapparates bzw. einer Bildwand und/oder in festen Serviceintervallen wird ein Abgleich (Helligkeit und/oder Farbe) durchgeführt. Dabei wird die Helligkeitsverteilung auf dem Bildschirm vermessen und/oder ein Farbabweich mittels einer Vermessung der Primärfarben und des Weißpunktes auf dem Bildschirm durchgeführt. Dies ist aufwendig und kostenintensiv, erfordert geschultes Personal und bedingt eine Unterbrechung des laufenden Betriebes. Zwischen den Serviceintervallen kann sich die Bildqualität verschlechtern.
- Im Falle eines DMDs als Bildgeber wird gemäß dem Dokument US 5,796,508 ein Sensor zum Nachweis des im Off-Zustandes reflektierten Lichtes verwendet. Dieser Nachweis des Lichtes im Off-Zustand mittels eines Sensors muß über einen Eingriff auf den Bildinhalt erzwungen werden. Durch das Erzwingen des Off-Zustandes kommt es zu einer Veränderung bzw. zu Störungen des sichtbaren Bildes, so daß kein den Bildinhalt nicht störender Dauerbetrieb möglich ist.
- Es wird ein Sensor außerhalb des optischen Pfades zum Nachweis von Streulicht eingesetzt. Der Nachweis von Streulicht hat jedoch den Nachteil einer nicht ausreichenden Korrelation zwischen dem Meßsignal und der tatsächlichen Bildhelligkeit. Aufgrund des so entstehenden Kalibrierfehlers zeigen die Module einer Bildwand nach wie vor sichtbare Helligkeitsunterschiede.
- Die Berücksichtigung der auf Erfahrungswerten beruhenden mittleren Änderung des Lichtstromes während der Betriebsdauer. Die Abweichung einzelner Lampen von einer mittleren zeitabhängigen Lichtstromänderung sind jedoch so groß, daß sie ohne individuelle Korrektur zu sichtbaren Bildartefakten führen.
- Eine Bestimmung des Lichtstromes durch eine Messung der Lampenleistung mittels elektrischer Messung von Lampenstrom und Lampenspannung. Aber nur ein kleiner Teil der verfügbaren Lampentreiber erlaubt eine derartige elektrische Messung, und die elektrische Leistung der Lampen ist nicht vollständig mit dem resultierenden Lichtfluß des Projektors

korreliert.

– Eine manuelle Eingabe einer zu berücksichtigenden zeitabhängigen Lichtstromänderung durch die Benutzer. Dies erfordert jedoch eine entsprechende Schulung des Benutzers und die Aufschaltung spezieller Bildinhalte, wodurch der Dauerbetrieb gestört wird.

– Eine Farbkorrektur durch Regelung der Lampenleistung gemäß dem Dokument WO 95/11572 zur Stabilisierung der optischen Leistung des Projektors. Eine derartige Regelung der Lampenleistung bedeutet, daß die Lampe mit variierender elektrischer Leistung betrieben würde. Dies zieht bei den üblicherweise verwendeten Hochleistungs-Entladungslampen eine unerwünschte Veränderung des Farbtones und eine Verkürzung der Lebensdauer der Lampe nach sich, was sich insbesondere für den Dauereinsatz in Bildwänden nachteilig auswirkt.

Aufgabenstellung

[0015] Der Erfindung liegt unter Berücksichtigung dieses Standes der Technik die Aufgabe zugrunde, eine zufriedenstellende Lösung für den Helligkeits- und/oder Farbabweich bei eingangs genannten Projektionsapparaten durchzuführen. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Projektionsapparat mit den Merkmalen des beigefügten unabhängigen Vorrichtungsanspruch bzw. durch ein Verfahren mit den Merkmalen des beigefügten unabhängigen Verfahrensanspruch gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung mit zugehörigen Zeichnungen.

[0016] Ein erfindungsgemäßer Projektionsapparat zum Projizieren eines Bildes auf einen Projektionsschirm umfaßt also einen pixelweise steuerbaren Bildgeber zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab, eine Beleuchtungseinheit zum Beleuchten des Bildgebers und eine ein Projektionsobjektiv umfassende Projektionseinrichtung zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm, wobei die Beleuchtungseinheit ein dynamisches Farbfilter zur Erzeugung primärer Farben umfaßt, und er weist erfindungsgemäß die Besonderheit auf, daß er ein optisches Auskoppellement zum Auskoppeln eines Teils des von der Beleuchtungseinheit zur Beleuchtung des Bildgebers erzeugten Lichtstromes, einen Sensor zum Messen der Intensität des von dem optischen Auskoppellement ausgekoppelten Lichtes, wobei die von dem Sensor gemessene Intensität ein Maß für die Intensität der Beleuchtung des Bildgebers ist, und eine Regeleinrichtung umfaßt, mittels der die Helligkeit und/oder die Farbe des projizierten Bildes durch Ansteuerung des Bildgebers oder durch Steuerung der Beleuchtungs-Lichtmenge in Abhängigkeit von dem Signal des Sensors geregelt wird.

[0017] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Re-

geln der Helligkeit und/oder der Farbe des projizierten Bildes eines Projektionsapparates zum Projizieren des Bildes auf einen Projektionsschirm umfassend einen pixelweise steuerbaren Bildgeber zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab, eine Beleuchtungseinheit zum Beleuchten des Bildgebers und eine ein Projektionsobjektiv umfassende Projektionseinrichtung zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm, wobei die Beleuchtungseinheit ein dynamisches Farbfilter zur sequentiellen Erzeugung primärer Farben umfaßt, weist die Besonderheit auf, daß mittels eines optischen Auskoppellements ein Teil des von der Beleuchtungseinheit zur Beleuchtung des Bildgebers erzeugten Lichtstromes ausgekoppelt wird, durch einen Sensor die Intensität des von dem optischen Auskoppellement ausgekoppelten Lichtes gemessen wird, wobei die von dem Sensor gemessene Intensität ein Maß für die Intensität der Beleuchtung des Bildgebers ist, und mittels einer Regeleinrichtung in Abhängigkeit von dem Signal des Sensors der Bildgeber geregelt angesteuert oder die Beleuchtungs-Lichtmenge geregelt wird.

[0018] Mittels der Erfindung ist eine zuverlässige, individuelle Toleranzen und Alterungsprozesse berücksichtigende Regelung der Helligkeit und/oder der Farbe des projizierten Bildes in relativ einfacher Weise möglich. Die von dem Sensor ermittelte Intensität wird dem digitalen Bildprozessor zugeführt, der diese Werte bei der Ansteuerung des Bildgebers berücksichtigt, um eine gleichmäßige Helligkeit bzw. Farbe zu erzielen.

[0019] Besondere praktische Vorteile der Erfindung ergeben sich daraus, daß die Messung kontinuierlich durchgeführt werden kann, so daß ein Regelkreis mit einer kontinuierlichen Regelung ermöglicht wird. Ferner ist es vorteilhaft, daß keine zusätzlichen Meßgeräte oder Einsätze geschulten Personals erforderlich sind, weil der Abgleich automatisch im laufenden Betrieb erfolgen kann. Aus diesem Grund ist auch keine Störung oder Unterbrechung des laufenden Betriebes erforderlich, und auch bei der Verwendung von Beleuchtungseinrichtungen mit einem Doppellampenmodul zur Gewährleistung des unterbrechungsfreien Betriebs im Fall des Ausfalls einer Lampe durch Umschalten auf die zweite Lampe ist der Abgleich sofort möglich.

[0020] Ein besonderer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß mittels der Regeleinrichtung das projizierte Bild im laufenden Betrieb des Projektionsapparates regelbar ist, d.h. unabhängig vom Bildinhalt, ohne Unterbrechung oder Störung des laufenden Betriebes, ohne daß ein Testbild projiziert werden muß und daß eine Messung des Lichtes nur auf der Beleuchtungsseite des Bildgebers erforderlich ist.

[0021] Mit der Erfindung werden somit Ziele erreicht, um die die Fachwelt sich schon lange bemüht hat. Um dabei besonders gute Ergebnisse erzielen zu können, werden bevorzugt die nachfolgenden Maßnahmen einzeln oder in Kombination miteinander

der eingesetzt.

[0022] Als Bildgeber bei der zeitsequentiellen additiven Farbmischung wird bevorzugt ein Digital-Micro-mirror-Device (DMD) verwendet. Es sind aber auch andere, beispielsweise eingangs genannte Bildgeber im Rahmen der Erfindung verwendbar.

[0023] Das dynamische Filter zur zeitsequentiellen Erzeugung von Primärfarben ist vorteilhafterweise ein Farbrad. Andere, derzeit oder künftig verfügbare entsprechende Einrichtungen können jedoch im Rahmen der Erfindung ebenfalls verwendet werden.

[0024] Zur Erzielung einer homogenen oder homogenisierten Ausleuchtung ist es vorteilhaft, wenn der Projektionsapparat eine räumliche Lichtmischeinrichtung zum Ausgleichen örtlicher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung umfaßt. Bevorzugt kommt hierbei eine räumliche Lichtmischeinrichtung zum Einsatz, die sich in Ausbreitungsrichtung des Lichtes erstreckt, insbesondere ein Lichtmischstab. Lichtmischstäbe sind im Stand der Technik bekannt. Bekannte Ausführungsformen umfassen z.B. Hohlmischstäbe (siehe z.B. US 5,625,738) und Vollmischstäbe (siehe z.B. DE 10103099 A1).

[0025] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen bestehen darin, daß das Auskoppellement im Beleuchtungspfad zwischen der Beleuchtungseinrichtung und dem Bildgeber angeordnet ist, vorzugsweise zwischen dem Ausgang der räumlichen Lichtmischeinrichtung und dem Bildgeber. Hier ist die günstigste Stelle zur Gewinnung der erforderlichen Information über die Intensität und spektrale Zusammensetzung des Lichtes.

[0026] Das Auskoppellement kann auf verschiedene Weise realisiert werden. Eine vorteilhafte Ausführungsform ist ein teildurchlässiger, vorzugsweise farbneutraler Spiegel, der zur Vermeidung hoher Lichtverluste vorteilhafterweise weniger als 5%, vorzugsweise weniger als 2% des Lichtes zu dem Sensor auskoppelt.

[0027] Der Sensor kann ein einfacher Sensor sein, der ein bloßes Helligkeitssignal liefert, das eine integrale Information über die Beleuchtung des Bildgebers beinhaltet. In anderen Ausführungsformen kann zur Gewinnung einer Information über die Homogenität der Ausleuchtung des Bildgebers ein zweidimensional ortsauflösender Sensor bzw. zur Gewinnung einer spektralen Information der Sensor ein spektral auflösender Sensor sein. Alle drei Sensorausführungen können mit dem dynamischen FarbfILTER zur Trennung der Primärfarbbanteile synchronisiert sein.

Ausführungsbeispiel

[0028] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Darin beschriebene Besonderheiten können einzeln oder in Kombination miteinander eingesetzt werden, um bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung zu schaffen. Es zeigen:

[0029] Fig. 1 eine schematische Darstellung von

Komponenten eines erfindungsgemäßen Projektionsapparates,

[0030] Fig. 2 Einzelheiten zu Fig. 1,

[0031] Fig. 3 eine Abwandlung zu Fig. 2,

[0032] Fig. 4 ein TIR-Prisma ohne Rückreflektion,

[0033] Fig. 5 ein TIR-Prisma mit Rückreflektion,

[0034] Fig. 6 ein Farbrad,

[0035] Fig. 7 den zeitlichen Verlauf der Sensorsignale zu Fig. 6,

[0036] Fig. 8 Sensor-Steuerpulse zu Fig. 7,

[0037] Fig. 9 den zeitlichen Verlauf der Intensität einer Entladungslampe mit Stabilisierungspuls,

[0038] Fig. 10 den zeitlichen Verlauf des Sensorsignals zu Fig. 9 und

[0039] Fig. 11 Sensor-Steuerpulse zu Fig. 10.

[0040] Fig. 1 zeigt die optischen Komponenten eines erfindungsgemäßen Projektionsapparates 1. Er umfaßt eine Beleuchtungseinheit 2 mit einer Lampe 3 als Lichtquelle, vorzugsweise einer Entladungslampe, und einer Kondensoroptik 4. Im Strahlengang folgt ein dynamisches FarbfILTER 5 in Form eines Farbrades 6 und eine räumliche Lichtmischeinrichtung 7 in Form eines sich in Ausbreitungsrichtung des Lichtes erstreckenden Lichtmischstabes 8. Das am Lichtmischstab 8 austretende Licht wird mittels einer Abbildungsoptik 9, die auch als Relay-Optik bezeichnet wird, in die Ausleuchtungsebene 10 eines Bildgebers 11 abgebildet.

[0041] Das von dem Bildgeber 11 erzeugte Bild wird mittels eines Projektionsobjektives 12 einer Projektionseinrichtung vergrößert auf einen nicht dargestellten Projektionsschirm abgebildet, projiziert also das vom Bildgeber 11 in Transmission oder Reflektion erzeugte Bild auf einen nicht dargestellten Projektionsschirm. In einem bevorzugten Anwendungsfall der Erfindung ist der Projektionsapparat 1 ein Rückprojektionsapparat, und das von dem Projektionsobjektiv 12 projizierte Bild ist ein Teilbild einer mehrere Projektionsapparate oder Rückprojektionsapparate enthaltenden Bildwand.

[0042] Das projizierte Bild wird mittels des Verfahrens der zeitsequentiellen Mischung aus aufeinanderfolgenden monochromen Teilbildern in den Primärfarben rot, grün und blau aufgebaut. Die Sequenz kann auch ein viertes Teilbild in schwarz/weiß enthalten, daß zur Erhöhung der Bildhelligkeit zugemischt wird. Die Sequenz der Teilbilder folgt in einer ausreichend hohen Geschwindigkeit, so daß das Auge dem Farbwechsel nicht folgen kann und eine physiologische Farbmischung stattfindet.

[0043] Das Farbrad 6 dient dazu, aus dem weißen Licht der Lampe 3 die Primärfarben rot, grün und blau zur Ausleuchtung des Bildgebers 11 zu erzeugen. Der Bildgeber 11 ist vorzugsweise ein DMD. Bei entsprechender Synchronisierung kann der Bildgeber 11 die monochromen Teilbilder erzeugen, die von dem Auge des Betrachters des projizierten Bildes zusammengesetzt werden.

[0044] Das Licht der Lampe 3 wird mittels der Kondensoroptik 4 auf den Eintritt des Lichtmischstabes 8

fokussiert. Das sich drehende Farbrad 6 weist unterschiedlich farbige Segmente in den Primärfarben auf, die je nach Drehstellung des Farbrades 6 die Spektralanteile der Lampe 3 entsprechend dem gerade im Strahlengang befindlichen Farbfilter transmittieren. Der Lichtmischstab 8 sorgt für eine Homogenisierung der Ausleuchtung, und die Abbildungsoptik 9 bildet die Lichtverteilung am Ausgang des Lichtmischstabes 8 auf den Bildgeber 11 ab.

[0045] Die Grundhelligkeit des projizierten Bildes, d.h. die Helligkeit eines Bildes bei vollweißem Bildinhalt, hängt von der Leuchtdichte am Ort des Bildgebers 11 ab. Aufgrund der eingangs genannten Probleme ist es daher gewünscht, die Leuchtdichte am Ort des Bildgebers 11 zu kennen. Ferner kommt es durch Alterungsprozesse der Lampe 3 zu Verschiebungen der Intensitätsverhältnisse zwischen den Spektralanteilen der Primärfarben. Infolge dessen ändert sich der Farbton der weißen Mischfarbe im Laufe der Zeit, d.h. über einen Zeitraum von mehreren Stunden oder Tagen. Eine Messung der spektralen Zusammensetzung des Lichtes und eine daraus abgeleitete Korrektur der Farbmischung, so daß effektiv keine Verschiebung des Weißpunktes feststellbar ist, wird daher ebenfalls angestrebt. Beide Aspekte können mit der erfindungsgemäßen Ausbildung eines Projektionsapparates 1 erzielt werden.

[0046] Hierzu ist erfindungsgemäß ein optisches Auskoppel-element 13 zum Auskoppeln eines Teils des von der Beleuchtungseinheit 3 zur Beleuchtung des Bildgebers 11 erzeugten Lichtstromes vorgesehen. Vorzugsweise ist das Auskoppel-element 13 im Beleuchtungspfad zwischen der Lampe 3 und dem Bildgeber 11 angeordnet, insbesondere zwischen dem Ausgang der räumlichen Lichtmischeinrichtung 7 und dem Bildgeber 11. In Fig. 1 ist das Auskoppel-element 13 ein teildurchlässiger, vorzugsweise farbneutraler Spiegel 14, der vorzugsweise weniger als 5% und bevorzugt weniger als 2% des Lichtes auskoppelt. Der Transmissionsgrad ist also vorzugsweise kleiner als 5% und bevorzugt kleiner als 2% und die Reflektivität vorzugsweise größer als 95% und bevorzugt größer als 98%.

[0047] Das von dem Spiegel 14 ausgekoppelte Licht wird von einem Sensor 15 gemessen, so daß die von dem Sensor 15 gemessene Intensität ein Maß für die Intensität der Beleuchtung des Bildgebers 11 ist. Das Signal des Sensors 15 kann also einer Regeleinrichtung zugeführt werden, mittels der die Helligkeit des projizierten Bildes durch Ansteuerung des Bildgebers 11 in Abhängigkeit von dem Signal des Sensor 15 geregelt wird. Wenn der Sensor 15 auf die jeweils aktiven Farbsegmente des Farbrades 6 synchronisiert wird, läßt sich auch die Intensität der Primärfarben messen. Diese Information steht dann der Elektronik des Projektionsapparates 1 zur Verfügung, und mittels geeigneter Algorithmen läßt sich aus dem Meßsignal des Sensors 15 eine Korrektur der Farbmischung durchführen, so daß bei einer Änderung der spektralen Zusammensetzung des von der Lampe 3

emittierten Lichtes effektiv keine Verschiebung des Weißpunktes des projizierten Bildes feststellbar ist.

[0048] Mit der Regeleinrichtung kann jedoch nicht nur der Bildgeber 11 angesteuert werden. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, daß die Beleuchtungs-Lichtmenge auf andere Weise von der Regeleinrichtung in Abhängigkeit von dem Signal des Sensors 15 geregelt wird. Hierfür kommen alle bekannten und geeigneten Methoden in Betracht.

[0049] Eine besonders vorteilhafte Ausbildung zur Regelung der Beleuchtungs-Lichtmenge kann darin bestehen, daß ein variabler Intensitätsabschwächer verwendet wird, der in unmittelbarer Nähe der Fokalebene eines fokussierenden Lampenreflektors angeordnet ist. Weitere Einzelheiten dieser Ausbildung sind in der gleichzeitig eingereichten deutschen Patentanmeldung der Anmelderin (Titel "Helligkeitsregelung eines Projektionsapparates", Anwaltszeichen SEC 109/00/DE) beschrieben, die insoweit vollinhaltlich in Bezug genommen wird.

[0050] Um eine Grundeinstellung oder Grundkalibrierung des Projektionsapparates 1 zu erzielen, kann vorgesehen sein, daß Ausgangswerte der spektralen Eigenschaften der Beleuchtungsquelle bzw. der Lampe 3 der Beleuchtungseinheit, des dynamischen Farbfilters 5 und des Sensors 15 sowie gegebenenfalls der räumlichen Lichtmischeinrichtung 7, des Abbildungsobjektives 9 und des optischen Auskoppel-elementes 13 vermessen und von der Regeleinrichtung berücksichtigt werden. Eine solche Vermessung von Ausgangswerten kann beispielsweise bei der Installation des Projektionsapparates 1, während einer Servicemaßnahme oder im Falle eines Lampentausches durchgeführt werden.

[0051] Um eine möglichst hohe Korrelation der räumlichen Lichtverteilung am Sensor 15 und der Ausleuchtungsebene 10 des Bildgebers 11 zu erzielen, wird nach einem vorteilhaften Merkmal vorgeschlagen, daß der Sensor 15 in einer optischen Ebene angeordnet ist, die zu der Ausleuchtungsebene 10 des Bildgebers 11 korrespondiert, d.h. daß die Ausleuchtungsebene 10 des Bildgebers 11 und die Ausleuchtungsebene 16 des Sensors 15 optisch korrespondieren, wobei sie nach einem zusätzlichen bevorzugten Merkmal das Abbild des Ausgangs der räumlichen Lichtmischeinrichtung 7 enthalten.

[0052] Die einfachste Lösung zur Realisierung dieser Merkmale bestünde darin, den Sensor in gleicher optischer Entfernung zu dem Spiegel 14 zu positionieren wie den Bildgeber 11. Um einen kompakteren Aufbau des Projektionsapparates 1 zu erzielen, ist nach einem zusätzlichen vorteilhaften Merkmal eine Sensoroptik 17 vorgesehen. Sie hat eine positive Brechkraft und erzeugt eine verkleinerte Abbildung des Ausgangs des Lichtmischstabes 8 bei verkürzter optischer Lauflänge. Ferner ist es dadurch möglich, die Bildgröße des Lichtmischstabes 8 auf die Größe des Sensors 15 anzupassen, so daß auf dem Sensor 15 ein verkleinertes Abbild des Ausleuchtungsmusters des Bildgebers 11 erzeugt wird.

[0053] Die **Fig. 2** zeigt Einzelheiten des Strahlen-
ganges aus **Fig. 1**. Wenn der Sensor **2** ein einfacher,
unstrukturierter, ein Helligkeitssignal liefernder Sen-
sor ist, kann mit ihm die integrale Helligkeit und inte-
grale spektrale Zusammensetzung des Lichtes ver-
messen werden. Wird dagegen ein ortsauflösender
Sensor **15**, beispielsweise ein CCD verwendet, kann
auch die Homogenität der Ausleuchtung, d.h. die Ho-
mogenität der Helligkeit des auf den Bildschirm projizierten
Bildes vermessen werden. Gemäß einer an-
deren oder zusätzlichen Ausbildung kann der Sensor
15 auch ein spektral auflösender Sensor sein.

[0054] In **Fig. 3** ist ein dem **Fig. 2** entsprechender
Aufbau dargestellt, der zusätzlich eine den Sensor **15**
umgebende Abschirmung **18** umfaßt. Um eine stö-
rungsfreie Funktionsweise des Sensors **15** und der
aus seinen Signalen abgeleiteten Regelung des Bild-
gebers **11** zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn das
von dem Sensor **15** nachgewiesene Signal weitest-
gehend unabhängig von äußeren Einflüssen wie zum
Beispiel Umgebungslicht ist. Dies läßt sich durch die
Abschirmung **18** erreichen. Daneben wird auch die
Unabhängigkeit von dem momentan projizierten Bil-
dinhalt gefordert.

[0055] Dies ist allerdings nicht automatisch erfüllt,
wie anhand der **Fig. 4** und **5** am Beispiel eines Bild-
gebers **11** in Form eines DMD mit einem TIR-Prisma
20 dargestellt ist. TIR steht für "Total Internal Reflec-
tion"; zu näheren Einzelheiten wird auf das Doku-
ment US 5,552,922 verwiesen. Das TIR-Prisma **20**
dient der einfachen räumlichen Trennung zwischen
einfallendem Licht und vom DMD reflektierten Licht.
Die Trennung beider Komponenten erfolgt dabei
durch die im unteren Prisma auftretende Totalreflexi-
on. Das einfallende Licht wird total reflektiert und das
vom DMD reflektierte Licht erfüllt die Bedingung zur
Totalreflexion gerade nicht mehr. Es transmittiert zur
Kompensation optische Aberrationen durch das
zweite Teilprisma.

[0056] Der Durchgang des ON-Zustandes **21** durch
die beiden Grenzflächen am Luftspalt zwischen bei-
den Prismenhälften ist allerdings trotz Antireflexions-
beschichtung stets mit Fresnelschen Verlusten ver-
bunden. Dies bedeutet, daß ein Teil des Lichts des
ON-Zustandes **21** zurück in Richtung des Lichtmisch-
stabes **8** reflektiert wird. Für den Off-Zustand **22** ist
dagegen dieser Effekt weitaus schwächer, und zwar
aus geometrischen Gründen und aufgrund der Tatsa-
che, daß die auftretenden Winkel zwischen Lichtrich-
tung und Grenzfläche deutlich weiter von dem Winkel
der Totalreflexion entfernt sind als für den ON-Zu-
stand **21**. Die Fresnelschen Verluste sind also gerin-
ger.

[0057] Die rückreflektierte Lichtmenge hängt also
vom Bildinhalt ab; bei einem dunklen Bild wird wen-
iger Licht zurückreflektiert und bei einem hellen Bild
mehr. Vergleichbare Rückreflexionen **19** können
auch bei anderen Bauarten von Bildgebern, bei-
spielsweise bei Flüssigkristallanzeigen, auftreten.

[0058] Wenn in **Fig. 3** der Sensor **15** ohne eine vor-

geschaltete Sensoroptik **17** in unmittelbarer Nähe
hinter dem Spiegel **14** angeordnet wäre, wäre eine
Trennung zwischen vorwärts verlaufendem Licht und
Rückreflexionen **19** nicht möglich. Die Sensoroptik
17 dient in diesem Fall also nicht nur der Abbildung
des Lichtmischstabes **8** auf den Sensor **15**, sondern
zusammen mit der Abschirmung **18** auch der Unter-
drückung von Störungen des Sensors **15** infolge von
Rückreflexionen **19** vom Bildgeber **11**. Die Rückrefle-
xionen **19** werden dabei durch die Sensoroptik **17** auf
eine Stelle außerhalb des Sensors **15** abgebildet und
absorbiert.

[0059] Bei dem bisher beschriebenen Aufbau eines
erfindungsgemäßen Projektionsapparates **1** ergibt
sich ein Meßsignal des Sensors **15**, das sich syn-
chron zur Rotation des Farbrades **6** ändert. Dies er-
klärt sich durch die für die Primärfarben unterschied-
liche Empfindlichkeit des Sensors **15**. Die **Fig. 6** ver-
anschaulicht ein typisches Farbrad **6** für einen DMD-
bzw. DLP-Projektionsapparat mit einer typischen
Farbradsequenz rot-grün-weiß-blau. Die Lage des
Eingangs des Lichtmischstabes **8** auf dem Farbrad **6**
und die Ausleuchtung des Lichtmischstabes **8** sind in
Fig. 6 ebenfalls veranschaulicht.

[0060] Die Farben rot und blau ergeben dabei typi-
scherweise ein schwächeres Signal, weiß das stärks-
te. Im Übergangsbereich zwischen den einzelnen
Segmenten des Farbrades **6** ergibt sich ein Abfall
bzw. Anstieg des Signales zum nächsten Signalni-
veau hin. In **Fig. 7** ist der Verlauf des Sensorsignals **I**
als Funktion der Zeit **t** während einer Periode **T** des
Farbrades **6** dargestellt. Die sich dabei ergebende
Kantensteilheit hängt von dem optischen Design des
Projektionsapparates, d.h. dem Abstand des Farbra-
des **6** zum Brennpunkt und der Größe des Brenn-
punkts ab.

[0061] Um eine undefinierte Auswertung der Signa-
le des Sensors **15** zu vermeiden, ist es vorteilhaft,
wenn der Sensor **15** stets nur während eines Seg-
mentes des Farbrades **6** aktiviert ist, d.h. daß der
Sensor **15** mittels eines Taktsignals des dynami-
schen Farbfilters **5** so gesteuert wird, daß er die zu
den Primärfarben und eventuellen farbneutralen An-
teilen gehörende Lichtintensitäten getrennt ermittelt.
Dies kann in der Weise durchgeführt werden, daß
Zeitmeßfenster definiert werden, die den Beitrag aus
mehreren Segmenten und aus den Übergangsberei-
chen unterdrücken. Dies ist durch eine Gate- und De-
lay-Elektronik möglich, die ihrerseits durch den Takt-
geber des Farbrades **6** bzw. des dynamischen Farb-
filters **5** synchronisiert wird. Auf diese Weise lassen
sich in **Fig. 8** dargestellte Sensor-Steuerpulse **P** er-
zeugen, die synchron zum Auftreten der entspre-
chenden Farbsegmente verlaufen.

[0062] Nach einem weiteren vorteilhaften Merkmal
kann vorgesehen sein, daß die Intensität des von der
Beleuchtungseinheit **2** erzeugten Lichtes zeitlich ver-
änderlich ist und die Auswertung der Signale des
Sensors **15** diese zeitliche Veränderung berücksich-
tigt oder erfaßt. Eine derartige zeitliche Veränderung

der Intensität kann beispielsweise auf einem der Lampe 3 der Beleuchtungseinheit 2 zugeführten Stabilisierungspuls beruhen, so daß die Intensitätsänderung der Lampe 3 aufgrund des Stabilisierungspulses mittels des Sensors 15 erfaßt und in der Regelungseinrichtung berücksichtigt wird.

[0063] Insbesondere bei Entladungslampen ist es bekannt, mittels des Lampentreibers einen kurzzeitigen Anstieg des Lampenstromes auszulösen. Dies erfolgt typischerweise mit einer Pulsrate von 50 bis 250 Hertz und ist somit in dem projizierten Bild nicht sichtbar. Die Stabilisierungspulse dienen der Stabilisierung der örtlichen Lage des Entladungsbogens in der Entladungslampe und damit der Stabilisierung der räumlichen Helligkeitsverteilung des projizierten Bildes.

[0064] Allerdings muß die Dauer der Stabilisierungspulse und ihre Höhe bzw. die von ihnen verursachte Intensitätsänderung der Lampe bei der sequentiellen Bilderzeugung berücksichtigt und korrigiert werden. Bei der Berechnung der Farbmischung muß dieser Parameter dem Bildgeber 15 bzw. dessen Ansteuerelektronik bekannt sein, damit sie berücksichtigt und korrigiert werden können.

[0065] In der Praxis stellt sich jedoch zumeist das Problem, daß nur die Dauer der Stabilisierungspulse innerhalb geringer Schwankungsgrenzen eine fest definierte Größe ist. Die durch die Stabilisierungspulse ausgelöste Intensitätsänderung der Lampe 3 unterliegt dagegen größeren produktionstechnischen Schwankungen und zeigt während des Alterungsprozesses einer Lampe 3 eine deutliche Änderung. Daraus resultiert die Notwendigkeit einer kontinuierlichen Messung der Peakintensität I_{pk} der Lampe 3 bezogen auf die Plateauintensität I_{pl} der Lampe 3 außerhalb eines Stabilisierungspulses.

[0066] In Fig. 9 ist dargestellt, wie sich die Intensität I_L der Lampe 3 beim Anlegen eines Stabilisierungspulses 23 ändert. In Fig. 10 ist entsprechend dazu die Änderung des Sensorsignals I veranschaulicht. Dabei wird angenommen, daß der Stabilisierungspuls 23 mit der Drehung des Farbrades 6 synchronisiert ist, so daß der Stabilisierungspuls 23 genau im farbneutralen Weißsegment erscheint. Durch die erhöhte Lichtintensität zeigt das Sensorsignal I an der entsprechenden Stelle eine Überhöhung gegenüber dem Signal, das sich ohne Stabilisierungspuls 23 ergeben würde.

[0067] Eine kontinuierliche Messung des Verhältnisses I_{pk}/I_{pl} während eines längeren Zeitraums der Alterung der Lampe 3, beispielsweise im Abstand von Stunden oder Tagen, kann nun beispielsweise mittels der Messungen der Sensorsignale I während des Grünsegmentes und während des Stabilisierungspulses 23 erfolgen. Es ergibt sich $I_{pk}/I_{pl} = k \cdot I_{\text{Weißpuls}}/I_{\text{grün}}$, wobei die Konstante $k = I_{\text{Weißpuls}}/I_{\text{grün}}$ einmalig mit den gleichen zeitlichen Meßfenstern, aber ohne Stabilisierungspuls 23 bestimmt wird. Sie enthält die spektrale Empfindlichkeit des Sensors 23 und die spektralen Eigenschaften des Farbrades 6 sowie der restli-

chen optischen Komponenten.

[0068] Die auf diese Weise gewonnenen Informationen kann die Regeleinrichtung zum Steuern des Bildgebers 11 zur Erzielung einer gleichmäßigen Helligkeit und/oder eines konstanten Farbortes berücksichtigen. Dies ist gegenüber einer nach dem Stand der Technik bekannten festen Vorgabe eines bestimmten Wertes für den Einfluß des Stabilisierungspulses 23 genauer.

Bezugszeichenliste

1	Projektionsapparat
2	Beleuchtungseinheit
3	Lampe
4	Kondensoroptik
5	Dynamisches Farbfilter
6	Farbrad
7	räumliche Lichtmischeinrichtung
8	Lichtmischstab
9	Abbildungsoptik
10	Ausleuchtungsebene zu 11
11	Bildgeber
12	Projektionsobjektiv
13	optisches Auskoppелеlement
14	Spiegel
15	Sensor
16	Ausleuchtungsebene zu 15
17	Sensoroptik
18	Abschirmung
19	Rückreflexionen
20	TIR-Prisma
21	ON-Zustand
22	Off-Zustand
23	Stabilisierungspuls
I	Sensorsignal
I_L	Lampenintensität
I_{pk}	Peakintensität
I_{pl}	Plateauintensität
P	Sensor-Steuerpuls
T	Periode
t	Zeit

Patentansprüche

1. Projektionsapparat (1) zum Projizieren eines Bildes auf einen Projektionsschirm, umfassend einen pixelweise steuerbaren Bildgeber (11) zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab, eine Beleuchtungseinheit (2) zum Beleuchten des Bildgebers (11) und eine ein Projektionsobjektiv (12) umfassende Projektionseinrichtung zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber (11) dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm, wobei die Beleuchtungseinheit (2) ein dynamisches Farbfilter (5) zur zeitsequentiellen Mischung primärer Farben umfaßt, **dadurch gekennzeichnet, daß**

er ein optisches Auskoppellement (13) zum Auskoppeln eines Teils des von der Beleuchtungseinheit (2) zur Beleuchtung des Bildgebers (11) erzeugten Lichtstromes, einen Sensor (15) zum Messen der Intensität des von dem optischen Auskoppellement (13) ausgekoppelten Lichtes, wobei die von dem Sensor (15) gemessene Intensität ein Maß für die Intensität der Beleuchtung des Bildgebers (11) ist, und eine Regeleinrichtung umfaßt, mittels der die Helligkeit und/oder die Farbe des projizierten Bildes durch Ansteuerung des Bildgebers (11) oder durch Steuerung der Beleuchtungs-Lichtmenge in Abhängigkeit von dem Signal (I) des Sensors (15) geregelt wird.

2. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildgeber (11) ein Digital-Micromirror-Device (DMD) ist.

3. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das dynamische FarbfILTER (5) ein sich drehendes Farbrad (6) ist.

4. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er eine räumliche Lichtmischeinrichtung (7) zum Ausgleichen örtlicher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung umfaßt.

5. Projektionsapparat (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die räumliche Lichtmischeinrichtung (7) eine sich in Ausbreitungsrichtung des Lichtes erstreckende Vorrichtung, insbesondere ein Lichtmischstab (8) ist.

6. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Auskoppellement (13) im Beleuchtungspfad zwischen der Beleuchtungseinrichtung (2) und dem Bildgeber (11) angeordnet ist.

7. Projektionsapparat (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Auskoppellement (13) zwischen dem Ausgang der räumlichen Lichtmischeinrichtung (7) und dem Bildgeber (11) angeordnet ist.

8. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Auskoppellement (13) ein teildurchlässiger Spiegel (14) ist.

9. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch das Auskoppellement (13) weniger als 5%, vorzugsweise weniger als 2% des Lichtes ausgekoppelt wird.

10. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (15) in einer optischen Ebene angeordnet ist, die zu der Ausleuchtungsebene (10) des Bildgebers (11) korrespondiert.

11. Projektionsapparat (1) nach dem vorhergehenden Anspruch und Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die korrespondierenden Ebenen ein Abbild des Ausgangs der räumlichen Lichtmischeinrichtung (7) enthalten.

12. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er eine Sensoroptik (17) umfaßt, mittels der auf dem Sensor (15) ein verkleinertes Abbild des Ausleuchtungsmusters des Bildgebers (11) erzeugt wird.

13. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (15) ein Sensor ist, der ein Helligkeitssignal liefert.

14. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (15) ein zweidimensional ortsauflösender Sensor ist.

15. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (15) ein spektral auflösender Sensor ist.

16. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (15) mittels eines Taktsignales des dynamischen Farbfilters (5) so gesteuert wird, daß er die zu den Primärfarben und eventuellen farbneutralen Anteilen gehörenden Lichtintensitäten getrennt ermittelt.

17. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensität (I_L) des von der Beleuchtungseinheit (2) erzeugten Lichtes zeitlich veränderlich ist und die Auswertung der Signale (I) des Sensors (15) diese zeitliche Veränderung berücksichtigt.

18. Projektionsapparat (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitliche Veränderung der Intensität (I_L) auf einem der Lampe (3) der Beleuchtungseinheit (2) zugeführten Stabilisierungspuls (23) beruht und die Intensitätsänderung der Lampe (3) aufgrund des Stabilisierungspulses (23) mittels des Sensors (15) erfaßt und berücksichtigt wird.

19. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er eine den Sensor (15) umgebende Abschir-

mung (18) umfaßt, mittels der Rückreflexionen (19) vom Bildgeber (11) zu dem Sensor (15) unterdrückt werden.

20. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er zur Regelung der Beleuchtungs-Lichtmenge einen variablen Intensitätsabschwächer umfaßt, der in unmittelbarer Nähe der Fokalebene der Kondensoroptik (4) bzw. der Fokalebene eines fokussierenden Lampenreflektors angeordnet ist.

21. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der Regeleinrichtung das projizierte Bild im laufenden Betrieb des Projektionsapparates (1) regelbar ist.

22. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinheit (2) eine Entladungslampe umfaßt.

23. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er ein Rückprojektionsapparat ist.

24. Bildwand, enthaltend mehrere Projektionsapparate (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

25. Verfahren zum Regeln der Helligkeit und/oder der Farbe des projizierten Bildes eines Projektionsapparates (1) zum Projizieren des Bildes auf einen Projektionsschirm, umfassend
einen pixelweise steuerbaren Bildgeber (11) zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab,
eine Beleuchtungseinheit (2), zum Beleuchten des Bildgebers (11) und
eine ein Projektionsobjektiv (12) umfassende Projektionseinrichtung zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber (11) dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm, wobei
die Beleuchtungseinheit (2) ein dynamisches Farbfilter (5) zur zeitsequentiellen Mischung primärer Farben umfaßt,
dadurch gekennzeichnet, daß
mittels eines optischen Auskoppellements (13) ein Teil des von der Beleuchtungseinheit (2) zur Beleuchtung des Bildgebers (11) erzeugten Lichtstromes ausgekoppelt wird,
durch einen Sensor (15) die Intensität des von dem optischen Auskoppellement (13) ausgekoppelten Lichtes gemessen wird, wobei die von dem Sensor (15) gemessene Intensität ein Maß für die Intensität der Beleuchtung des Bildgebers (11) ist, und
mittels einer Regeleinrichtung in Abhängigkeit von dem Signal (I) des Sensors (15) der Bildgeber (11) geregelt angesteuert oder die Beleuchtungs-Licht-

menge geregelt wird.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Merkmal eines Projektionsapparates (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 23 umfaßt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

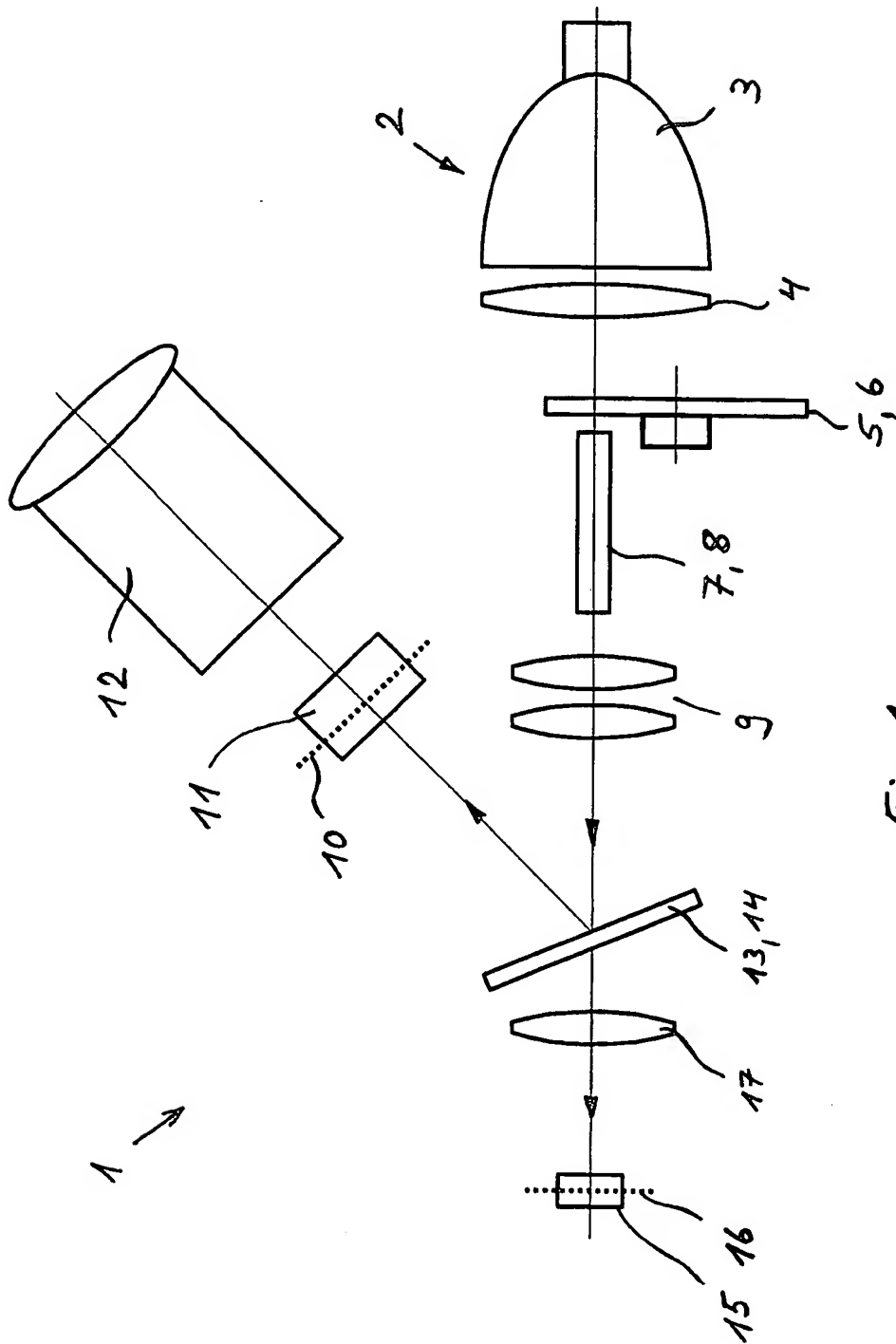
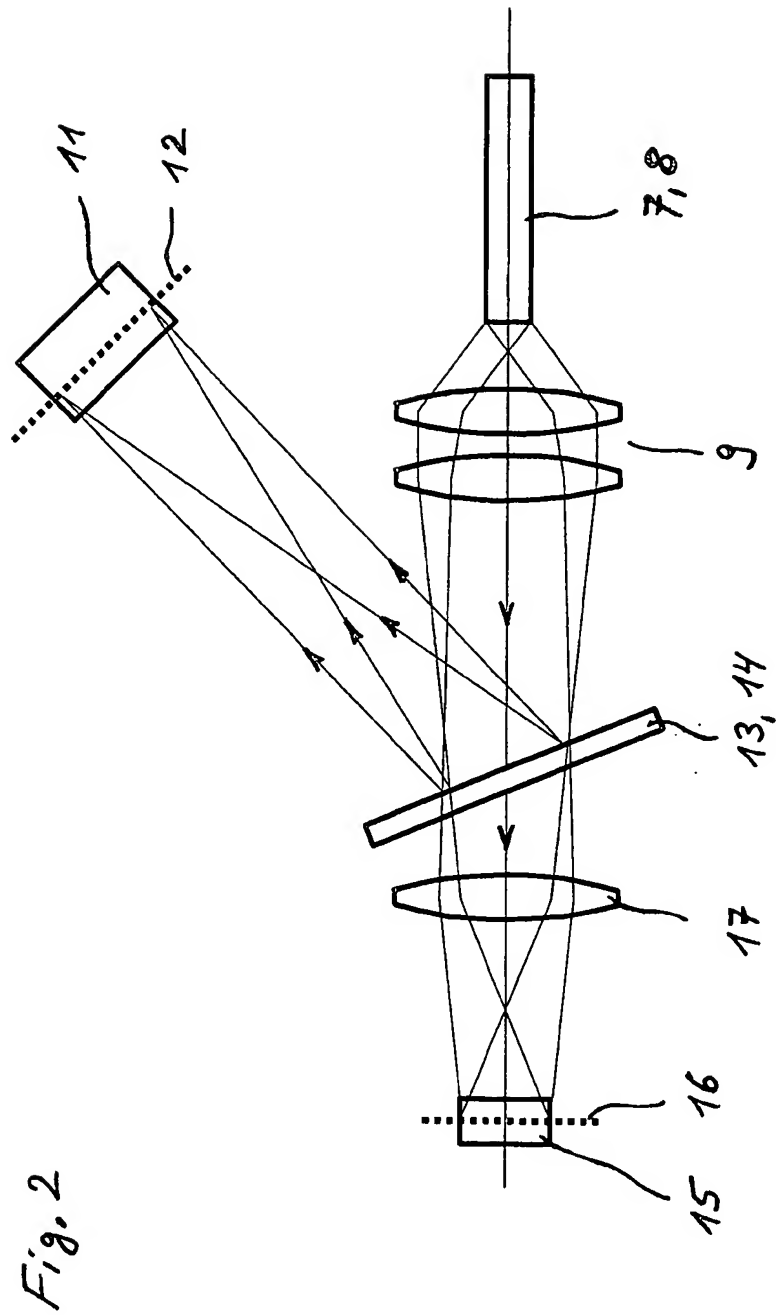
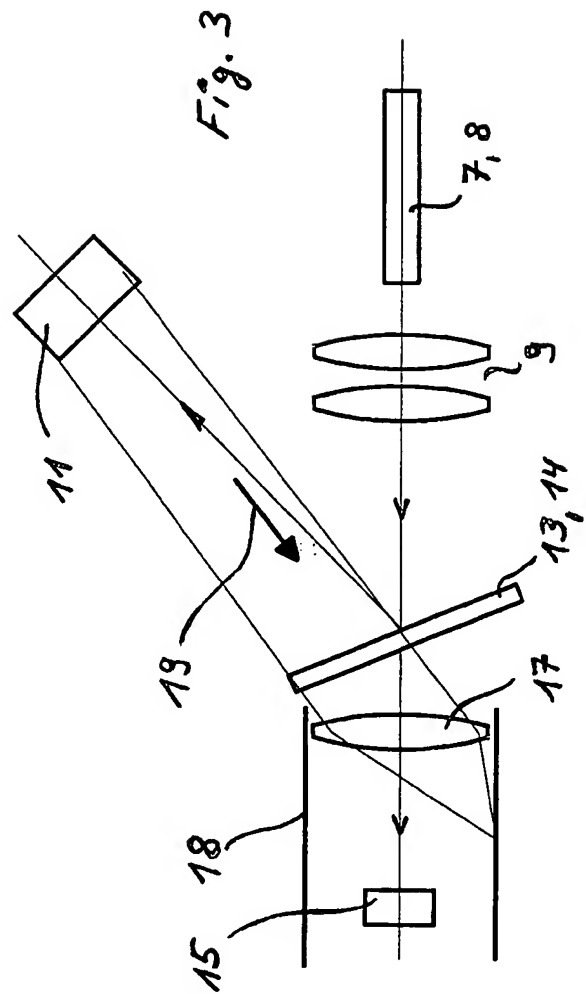
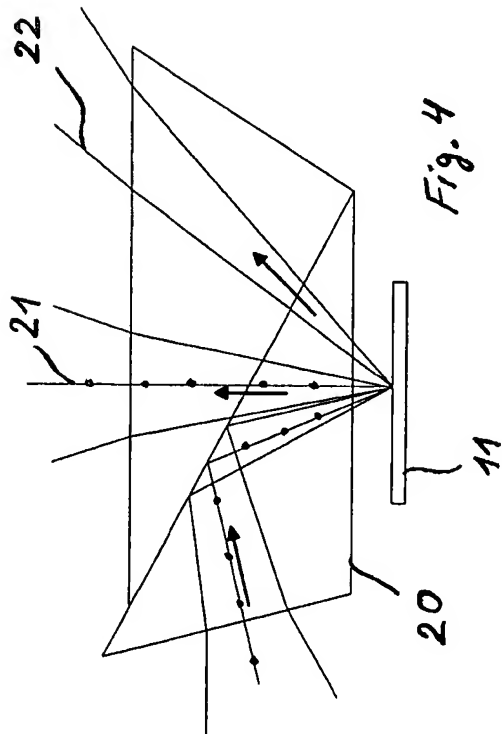
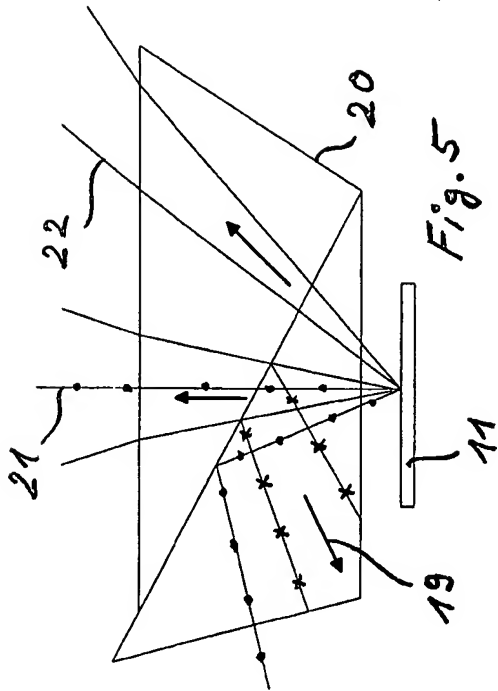
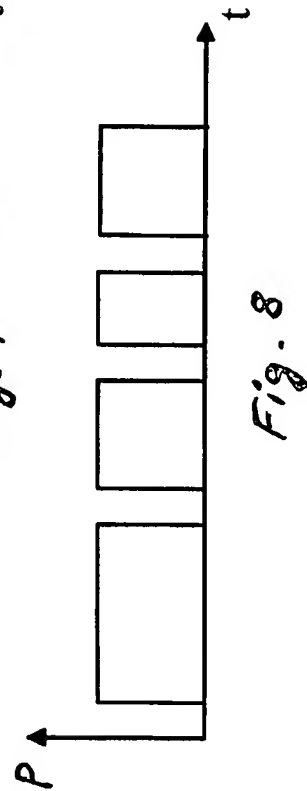
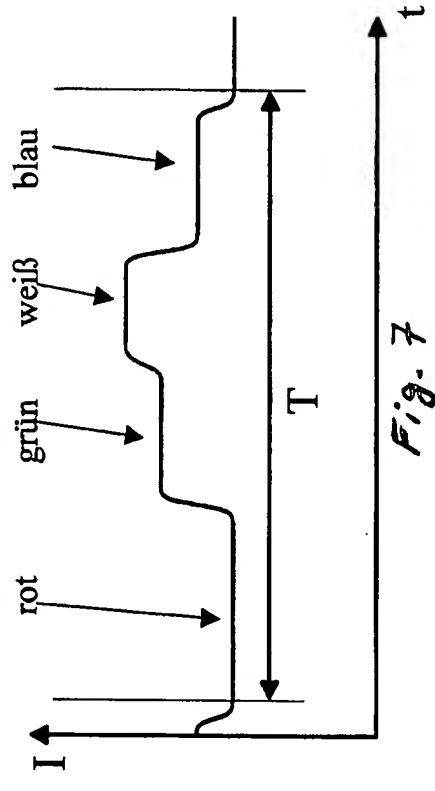
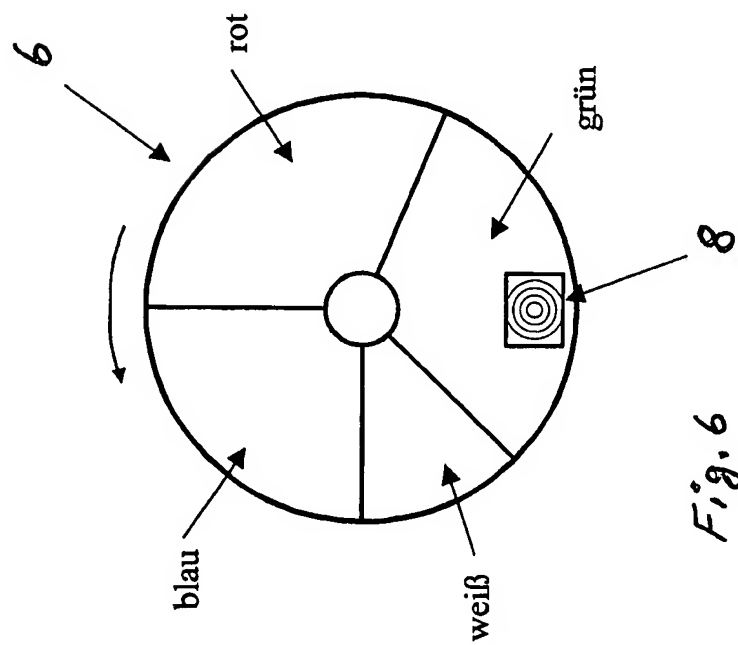


Fig. 1







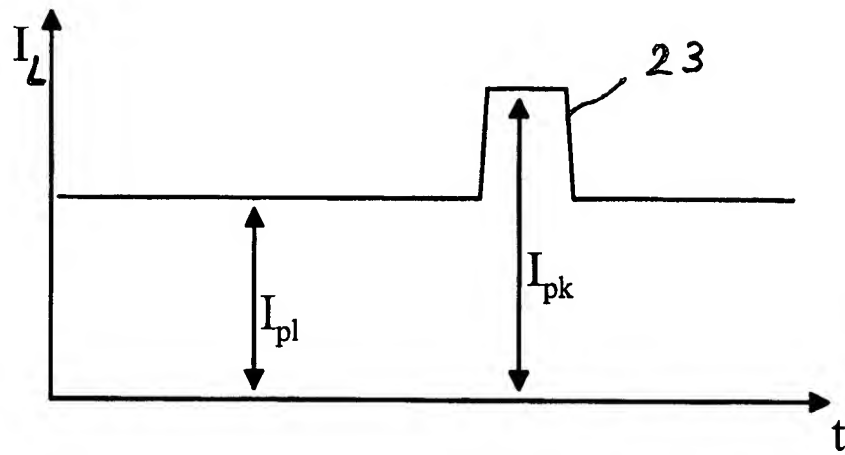


Fig. 9

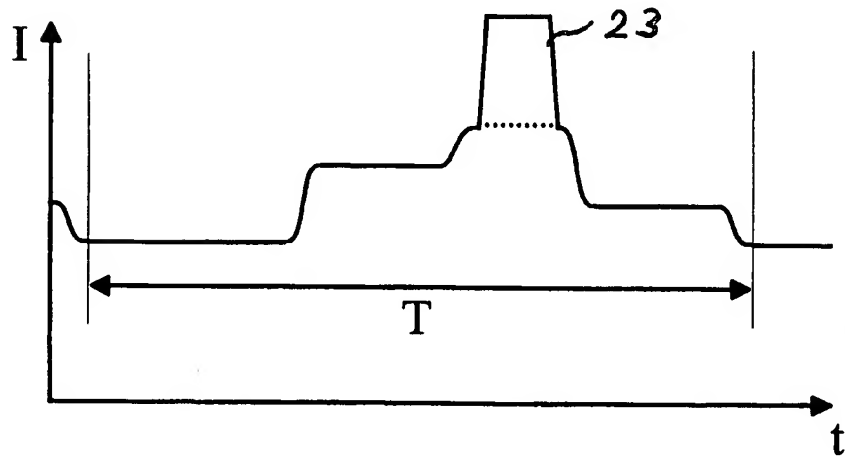


Fig. 10

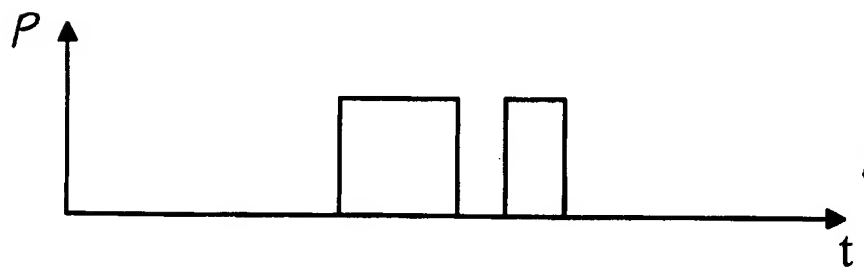


Fig. 11